

普通高等教育“十一五”精品课程建设教材

生物化学

SHENGWUCHUAXUEXUEXIDAOCANGYUXITIJ

学习导航与 习题集

李关荣 吕淑霞 主编



中国农业大学出版社

普通高等教育“十一五”精品课程建设教材

生物化学学习导航 与习题集

李关荣 吕淑霞 主编

中国农业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

生物化学学习导航与习题集/李关荣,吕淑霞主编. —北京:中国农业大学出版社,2007.8

ISBN 978-7-81117-238-6

I. 生… II. ①李…②吕… III. 生物化学-高等学校-教学参考资料 IV. Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 109196 号

书 名 生物化学学习导航与习题集

作 者 李关荣 吕淑霞 主编

策划编辑 张秀环

封面设计 郑 川

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

电 话 发行部 010-62731190,2620

编辑部 010-62732617,2618

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

经 销 新华书店

印 刷 北京时代华都印刷有限公司

版 次 2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

规 格 787×980 16 开本 24 印张 437 千字

印 数 1~3 000

定 价 29.50 元

责任编辑 彭威鑫

责任校对 陈 莹 王晓凤

邮政编码 100094

读者服务部 010-62732336

出 版 部 010-62733440

e-mail [cbsszs @ cau.edu.cn](mailto:cbsszs@cau.edu.cn)

图书如有质量问题本社发行部负责调换

主 编 李关荣 吕淑霞
副主编 郭秀璞 董艳珍
编 委 (按姓氏笔画为序)
马 镒(沈阳农业大学)
刘大军(西南大学)
吕淑霞(沈阳农业大学)
李关荣(西南大学)
张少斌(沈阳农业大学)
范丙友(河南科技大学)
郭秀璞(河南科技大学)
黄海霞(河南科技大学)
董艳珍(凉山大学)

前 言

生物化学是研究生命现象及其化学本质的科学,它用化学的理论和方法来揭示生物体的化学组成及其在生命活动中的化学变化规律。生物化学是现代生物科学的理论和技术基础,是高等学校生物类、植物生产类及相关专业的重要的专业基础课、必修课以及研究生入学考试的重要科目。

但是,由于生物化学课程涉及内容的复杂性、抽象性及微观性,很多学习生物化学的学生都感到非常吃力,急需进行生物化学的学习指导。为了满足学员系统复习生物化学的需求,我们结合多年的生物化学教学经验和以前的相关学习辅导材料,精心编写了《生物化学学习导航与习题解答》。

本书特别注重生物化学知识的体系完整性,突出重点和难点,基本兼顾了目前国内外通用生物化学教材的知识体系。全书内容共包括 15 章,分别为绪论,核酸,蛋白质,酶,生物膜,糖类代谢,生物氧化与氧化磷酸化,脂类代谢,蛋白质的酶促降解和氨基酸代谢,核酸的酶促降解和核苷酸代谢,核酸的生物合成,蛋白质生物合成,代谢调节,基因表达调控、基因工程及生物技术,光合作用生物化学。与其他通用生物化学教材相比,特别增设了 3 章即生物膜,基因表达调控、基因工程及生物技术和光合作用生物化学。每章分为重点解析(不用章节结构)、复习思考题及参考答案 3 部分。复习思考题题型有名词解释、填空、单项选择、多项选择、判断、缩写符号的中文名称、问答及论述等,其中单项选择题、多项选择题和判断题的参考答案还附有详细的说明。

本书还借鉴了原西南农业大学、中国科学院、北京师范大学、南开大学、复旦大学、四川大学、华东理工大学及南京大学等单位的共 10 套硕士研究生入学考试试题,以满足学员的需要。

本书强调通用性和实用性,内容丰富,简明扼要,适应范围广,可供高等院校生物类、农林类相关专业学生、成职教学生、自考生以及考研人员复习备考使用,也可供相关教师参考使用。

编 者

2007 年 4 月

目 录

第一章 绪论	1
重点解析	1
复习思考题	3
参考答案	4
第二章 核酸	6
重点解析	6
复习思考题	10
参考答案	17
第三章 蛋白质	28
重点解析	28
复习思考题	32
参考答案	40
第四章 酶	51
重点解析	51
复习思考题	53
参考答案	60
第五章 生物膜	68
重点解析	68
复习思考题	73
参考答案	80
第六章 糖类代谢	88
重点解析	88
复习思考题	96
参考答案	106
第七章 生物氧化与氧化磷酸化	118
重点解析	118
复习思考题	124

参考答案·····	131
第八章 脂类代谢·····	141
重点解析·····	141
复习思考题·····	151
参考答案·····	158
第九章 蛋白质的酶促降解和氨基酸代谢·····	167
重点解析·····	167
复习思考题·····	173
参考答案·····	178
第十章 核酸的酶促降解和核苷酸代谢·····	186
重点解析·····	186
复习思考题·····	190
参考答案·····	196
第十一章 核酸的生物合成·····	203
重点解析·····	203
复习思考题·····	215
参考答案·····	228
第十二章 蛋白质生物合成·····	248
重点解析·····	248
复习思考题·····	256
参考答案·····	266
第十三章 代谢调节·····	278
重点解析·····	278
复习思考题·····	283
参考答案·····	290
第十四章 基因表达调控、基因工程及生物技术·····	298
重点解析·····	298
复习思考题·····	305
参考答案·····	311
第十五章 光合作用生物化学·····	323
重点解析·····	323
复习思考题·····	328
参考答案·····	334

附录 硕士研究生入学考试试题.....	342
西南农业大学 2004 年攻读硕士学位研究生入学基础生物化学 考试试题.....	342
中国科学院 2002 年硕士学位研究生入学生物化学考试试题(B 卷)	344
北京师范大学 2000 年硕士研究生入学生物化学考试试题	348
北京师范大学 2001 年硕士研究生入学生物化学考试试题	350
北京师范大学 2002 年硕士研究生入学生物化学考试试题	351
南开大学 2000 年硕士研究生入学生物化学考试试题	353
复旦大学 2000 年硕士研究生入学生物化学考试试题	356
四川大学 2000 年硕士研究生入学生物化学考试试题	359
华东理工大学 2000 年硕士研究生入学生物化学考试试题	362
南京大学 2000 年硕士研究生入学生物化学-2 考试试题	366
参考文献.....	371

第一章 绪 论

重点解析

一、生物化学的研究范围

生物化学是研究生命现象及其化学本质的科学,它是以化学的理论和方法作为主要手段,研究生物(微生物、植物、动物及人体等)的化学组成、生命物质各组分的结构和性质及它们在生命过程中的变化规律的一门科学。

其研究内容如下:

1. 生物体的化学组成(静态生物化学)

发现和阐明构成生命物体的分子基础——生物分子的化学组成、结构和性质,即蛋白质、核酸、多糖和脂类以及对体内生物化学反应起催化和调节作用的酶、维生素、激素等生物大分子的性质、结构和功能。

2. 生物体的物质代谢、能量转换和代谢调节(动态生物化学)

研究糖、脂类、蛋白质和核酸的新陈代谢及代谢过程中的能量转换和代谢调控,物质及能量变化,生物分子在生物机体中的相互作用及其变化规律。

3. 生物分子的结构、功能与生命现象的关系

研究遗传信息的携带者核酸的结构、生物合成包括 DNA 的复制和 RNA 的合成以及蛋白质的合成。

二、生物化学的发展简史

生物化学起源于 18 世纪晚期,发展于 19 世纪,在 20 世纪初期成为一门独立的科学,它是在近代化学和生理学的基础上得以发展的,最初称为“生理化学”。生物化学作为一门独立的自然科学,只有近 200 年的历史,但是其发展非常迅速,目前已成为自然科学领域发展最快、最引人注目的学科之一。近代生物化学的发展分为 3 个阶段。

1. 萌芽时期(18 世纪下半叶至 19 世纪初):静态生物化学阶段

1674 年英国医生梅猷(J. Mayow)发现动物的呼吸和有机物在空气中的燃烧

有相似之处。

1783 年法国化学家拉瓦锡(A. L. Lavoisier)发表了“动物热”理论。

18 世纪中期瑞典化学家舍勒(C. W. Scheele)分离得到甘油、柠檬酸、苹果酸、乳酸、尿酸、酒石酸等。

1840 年德国化学家李比希(Liebig)首次提出新陈代谢这个学术名词,发现了马尿酸、氯仿,并在定量分析上做出了贡献。

1828 年德国化学家维勒(F. Wöhler)于在实验室合成了尿素,从而推翻了有机化合物只有在生物体内部合成的错误认识。

19 世纪法国生理学家伯纳德(Bernard)分离出糖原,发现了糖原异生作用。

1857—1860 年法国微生物学家巴斯德(L. Pasteur)证明了无氧发酵,为发酵和呼吸的生化研究奠定了基础。

1877 年德国生物化学家霍佩塞勒(Hoppe Seyler)提出“生理化学”,创办最早的生化学报《生理化学杂志》;分离和结晶了血红蛋白等。

1878 年德国库尼(W. Kühne)将酵素命名为“酶”。

1894 年德国化学家费西尔(Emil Fisher)——生物化学之父,建立了钥匙-锁理论。

1903 年德国化学家纽伯格(C. A. Neuberg)使用“Biochemistry”,生物化学作为一门新兴学科宣告诞生。

2. 奠基时期(19 世纪至 20 世纪 50 年代):动态生物化学阶段

在此阶段,科学家对生物物质代谢、平衡等进行了广泛深入的研究,基本阐明了酶的化学本质以及与能量代谢有关的物质代谢途径、ATP 的作用、呼吸链,建立了氧化磷酸化理论。

1926 年美国化学家萨姆纳(Sumner)首次得到晶体脲酶——酶的化学本质是蛋白质。

1937 年英国生物化学家克雷布斯(A. Krebs)证明了尿素循环和三羧酸循环。

1940 年德国生物化学家埃姆登(G. Embden)、迈耶霍夫(O. Meyerhof)等阐明了糖酵解反应途径。

20 世纪 50 年代美国学者卡尔文(Calvin)和其学生本生(Benson)证明了光合碳代谢途径。

美国生物化学家李普曼(F. A. Lipmann)发现了 ATP 在能量传递循环中的中心作用。

3. 大发展时期(1953 年至今):机能生物化学

自从 1950 年以来,由于电泳技术、超速离心技术、各种色谱技术和电泳技术、

X 射线衍射技术等现代化技术和设备的发明利发展,生物化学进入了突飞猛进大发展的新时期。

1948 年美国化学家鲍林(Pauling)确认氢键在蛋白质结构中和大分子相互作用中的重要性;还研究了镰刀型红细胞贫血病,提出分子病的名称。

1953 年美国著名化学家和分子学家沃森(J. Watson)和英国分子生物学家克里克(F. Crick)提出 DNA 双螺旋结构。

1958 年英国分子生物学家克里克(F. Crick)提出“中心法则”,为分子生物学奠定了基础。

1957 年英国分子生物学肯德鲁(J. Kendrew)测定了肌红蛋白的结构。1959 年英国分子生物学家佩鲁茨(F. Perutz)用 X 射线衍射技术,解析了血红蛋白的三维空间结构。肯德鲁是佩鲁茨的学生。

1953 年英国化学家桑格(Sanger)测定出牛胰岛素的一级结构(氨基酸序列)以及 1975 年的 DNA 序列的 Sanger 测定法。

1961 年雅各布(F. Jacob)和莫诺(J. Monod)提出“操纵子学说”。

1967 年美国生物化学家尼伦伯格(W. Nirenberg)和科拉纳(H. Khorana)破译遗传密码。

1972 年,伯格(Berg)成功地进行了 DNA 体外重组,标志现代基因工程的诞生。

20 世纪 80 年代后,分子生物学和基因工程飞速发展。

1990 年 HGP(人类基因组计划)开始实施;2000 年 6 月 26 日人类基因组序列工作框架图测序完成。加上正此之前完成了人肠杆菌、酵母、果蝇、拟南芥等模式生物的基因组测序,人类迎来了生命科学发展的崭新阶段——后基因组时代;蛋白质组学、功能基因组学、代谢组学、转录组学成为 21 世纪生命科学研究的重点。

复习思考题

一、名词解释

生物化学

二、填空题

1. 18 世纪末法国著名化学家 A. L. Lavoisier 证明动物呼吸需要_____,同时证明燃烧过程是物质与氧的结合过程,初步奠定了分解代谢及呼吸化学的基础。

2. Wohler 于 1828 年在实验室合成了_____,从而推翻了_____只有在

生物体内部合成的错误认识。

3. 法国微生物学家 L. Pasteur 证明了_____。
4. 德国生物化学家 G. Embden 和 O. Meyerhof 阐明了_____途径。
5. 美国学者 Calvin 和 Benson 证明了_____途径。
6. 英国物理学家 Perutz 用 X 射线衍射技术,解析了_____的三维空间结构;Kendrew 测定了_____的结构。
7. 1950 年以来,由于_____,_____、_____和_____,_____等现代化技术和设备的发明和发展,生物化学进入了突飞猛进大发展的新时期。
8. 静态生物化学研究的内容是构成生命活动的物质基础——_____,_____,_____和_____以及对体内生物化学反应起催化和调节作用的_____,_____,_____等生物大分子的性质、结构和功能。
9. 动态生物化学研究的内容是_____,_____,_____和_____的新陈代谢及代谢过程中的能量转换和代谢调控。
10. 1953 年_____和_____提出 DNA 双螺旋结构。
11. 1961 年_____和_____提出“操纵子学说”,为分子生物学奠定了基础。
12. F. Sanger 因 1953 年测定出_____的一级结构(氨基酸序列)和 1957 年在_____的开拓性工作而两次获得诺贝尔奖。
13. 20 世纪 70 年代,_____成功地进行了 DNA 体外重组,标志现代基因工程的诞生。
14. _____年 HGP(人类基因组计划)开始实施——基因组学,于_____年____月____日完成草图。
15. 1926 年美国化学家 Sumner 首次得到_____晶体,证实了酶的化学本质是蛋白质。
16. 英国生物化学家 A. Krebs 证明了_____和_____。
17. W. Nirenberg 和 H. Khorana 于 1966 年破译了_____。
18. Boyer 等在_____中成功地表达了人工合成的生长激素释放抑制因子基因。
19. 随着人类基因组计划的完成,加上在此之前完成了大肠杆菌、酵母、果蝇、拟南芥等模式生物的基因组测序,人类迎来了生命科学发展的崭新阶段——_____。

参 考 答 案

一、名词解释

生物化学是研究生命现象及其化学本质的科学,它是利用化学的理论和方

作为主要手段,研究生物(微生物、植物、动物及人体等)的化学组成、生命物质各组分的结构和性质及它们在生命过程中的变化规律的一门科学。

二、填空题

1. 氧气。
2. 尿素;有机化合物。
3. 无氧发酵。
4. 糖酵解反应。
5. 光合碳代谢。
6. 血红蛋白;肌红蛋白。
7. 电镜技术;超速离心技术;各种色谱技术;电泳技术;X射线衍射技术。
8. 蛋白质;核酸;多糖和脂类;酶;维生素;激素。
9. 糖;脂类;蛋白质;核酸。
10. Watson;Crick。
11. Jacob;Monod。
12. 牛胰岛素;DNA 序列测定方法。
13. Berg。
14. 1990;2000;6;26。
15. 脲酶。
16. 尿素循环;三羧酸循环。
17. 遗传密码。
18. 大肠杆菌。
19. 后基因组时代。

(范丙友)

第二章 核 酸

重点解析

一、核酸的发现与研究简史

1868年,瑞士青年科学家 F. Miescher 由脓细胞中分离得到细胞核,并从中提取出一种含磷量很高的酸性化合物,称为核素(nuclein)。

1944年,美国科学家埃弗里(O. T. Avery)通过肺炎球菌转化实验证明了核酸是主要的遗传物质。Avery 等的实验是为了寻找导致细菌转化的原因,他从光滑型肺炎双球菌(S型,有荚膜,菌落光滑)分别提取 DNA、蛋白质及多糖物质,并分别与粗糙型的肺炎双球菌(R型,无荚膜,菌落粗糙)一起培养,发现只有 DNA 能使一部分粗糙型细菌转变成为光滑型,并能继续繁殖,且转化率与 DNA 纯度呈正相关,若将 DNA 预先用 DNA 酶降解,转化就不发生。这种从一种供体菌得到的 DNA 通过一定途径给另一种细菌,从而使后者(受体菌)的遗传特性发生改变的作用称转化作用(transformation)。转化作用的实质是外源 DNA 与受体细胞基因组间的重组,使受体细胞获得新的遗传信息。实验结果表明,是 S 型菌的 DNA 将其遗传特性传给了 R 型菌, DNA 就是遗传物质,是遗传信息的载体,而不是蛋白质。

1952年,美国科学家 A. D. Hershey 和 M. Chase 用³²P 标记噬菌体 DNA,用³⁵S 标记蛋白质,然后感染大肠杆菌,结果只有³²P-DNA 进入细菌细胞内,而³⁵S-蛋白质仍留在细胞外,从而有力地证明了遗传物质是 DNA,而不是蛋白质。

1953年,美国化学家和分子学家沃森(J. Watson)和英国分子生物学家克里克(F. Crick)两位科学家提出了 DNA 的双螺旋结构模型。

1958年,Crick 提出了遗传的中心法则。20世纪70年代诞生了 DNA 重组技术。

1990年,美国启动了人类基因组计划,目前人类基因组计划基本完成,生命科学已进入后基因组时代。

二、核酸的种类、分布与功能

核酸分为 2 大类:脱氧核糖核酸(deoxyribonucleic acid, DNA)和核糖核酸(ri-

bonucleic acid, RNA)。DNA 主要分布于细胞核, RNA 主要分布于细胞质。

核糖核酸(RNA)按其功能的不同分为 3 大类。

核糖体 RNA(ribosomal RNA, rRNA), 约占 RNA 总量的 80%, 它们与蛋白质结合构成核糖体的骨架。核糖体是蛋白质合成的场所, 所以 rRNA 的功能是作为核糖体的重要组成成分参与蛋白质的生物合成。rRNA 是细胞中含量最多的一类 RNA, 且分子质量比较大, 代谢都不活跃, 种类仅有几种, 原核生物中主要有 5S rRNA、16S rRNA 和 23S rRNA 3 种, 真核生物中主要有 5S rRNA、5.8S rRNA、18S rRNA 和 28S rRNA 4 种。

信使 RNA(messenger RNA, mRNA), 约占 RNA 总量的 5%。mRNA 是以 DNA 为模板合成的, 又是蛋白质合成的模板。它是携带 1 个或几个基因信息到核糖体的核酸。由于每一种多肽都有一种相应的 mRNA, 所以细胞内 mRNA 是一类非常不均一的分子。但就每一种 mRNA 的含量来说又十分低。

转移 RNA(transfer RNA, tRNA), 约占 RNA 总量的 15%。tRNA 的相对分子质量为 2.5×10^4 左右, 由 70~90 个核苷酸组成, 因此它是最小的 RNA 分子。它的主要功能是在蛋白质生物合成过程中把 mRNA 的信息准确地翻译成蛋白质中氨基酸顺序的适配(adaptor)分子, 具有转运氨基酸的作用, 并以此氨基酸命名。此外, 它在蛋白质生物合成的起始作用中, 在 DNA 反转录合成中及其他代谢调节中也起重要作用。细胞内 tRNA 的种类很多, 每一种氨基酸都有其相应的 1 种或几种 tRNA。

三、核酸结构

1. 核苷酸

核酸的基本结构单位是核苷酸。核苷酸由 1 个含氮碱基(嘌呤或嘧啶)、1 个戊糖(核糖或脱氧核糖)和 1 个或几个磷酸组成。核酸是一种多聚核苷酸, 核苷酸以 3', 5'-磷酸二酯键彼此连接在一起。组成 RNA 的核苷酸含有核糖, 而 DNA 核苷酸中为 2'-脱氧核糖。无论 RNA 还是 DNA, 均含有 2 种嘌呤碱基, 即鸟嘌呤(G)和腺嘌呤(A); RNA 和 DNA 都含有 2 种嘧啶碱基, RNA 中为尿嘧啶(U)和胞嘧啶(C), 而 DNA 中则为胸腺嘧啶(T)和胞嘧啶(C)。

核苷酸除作为核酸的基本组成单位以外, 在生物体中还有游离的核苷酸存在, 它们往往具有重要的生理功能。比如 5'-腺苷一磷酸(adenosine monophosphate, AMP)可进一步磷酸化形成腺嘌呤核苷二磷酸(adenosine diphosphate, ADP)和腺嘌呤核苷三磷酸(adenosine triphosphate, ATP)。ADP 中含有 1 个高能磷酸键, ATP 中含有 2 个高能磷酸键。高能磷酸键水解时释放出的能量为 30 kJ/mol, 而

普通磷酸键能为 14 kJ/mol。生物获得的能量可转换成 ATP,当需要能量时,ATP 中的高能键水解,将贮存的能量释放出来,可参与多种生物合成反应。除 AMP、ADP、ATP 作为能量的载体外,UDP 作为葡萄糖的载体参与多糖的合成;CDP 作为胆碱的载体参与磷酸的合成;各种核苷三磷酸和脱氧核苷三磷酸分别是合成 RNA 和 DNA 的前体。

此外,在生物细胞中还存在着环化核苷酸,其中研究得最多的是 3',5'-环腺苷酸(3',5'-cyclic adenosine monophosphate,cAMP),它是由腺苷酸上的磷酸与核糖的 3',5'-碳原子形成双酯环化而成的,其中 3'位的酯键为高能磷酸键,水解后可释放 49.7 kJ/mol 自由能。cAMP 具有放大激素作用信号的功能,所以在细胞代谢调节中起重要作用。此外,3',5'-环鸟苷酸(3',5'-cyclic guanosine monophosphate,cGMP)也是一种具有代谢调节作用的环化核苷酸。

生物体中还存在着一些核苷酸的衍生物,它们在生命活动中也起着重要的作用。如烟酰胺腺嘌呤二核苷酸、烟酰胺腺嘌呤二核苷酸磷酸、黄素单核苷酸、黄素腺嘌呤二核苷酸和辅酶 A 等,都是核苷酸的衍生物,它们在生物体中作为辅酶或辅基参与代谢作用。如腺苷三磷酸(ATP)是体内能量的通用载体,而环腺苷一磷酸(cAMP)则为细胞内的第二信使。

2. DNA 分子结构

(1)DNA 分子一级结构:由脱氧核糖核苷酸以 3',5'-磷酸二酯键相连形成多聚脱氧核糖核苷酸链,核苷酸(碱基)的排列顺序,即为 DNA 的一级结构。

Chargaff 定律:所有 DNA 碱基组成中,腺嘌呤和胸腺嘧啶的物质的量相等,即 $[A]=[T]$;鸟嘌呤和胞嘧啶的物质的量相等,即 $[G]=[C]$;嘌呤总的物质的量与嘧啶总的物质的量相等,即 $[A]+[G]=[T]+[C]$ 。DNA 碱基组成具有种属特异性,即不同生物体的 A+T 与 G+C 的物质的量不等,两者的比值称为不对称比率。DNA 碱基组成没有组织器官特异性,即同一生物体的所有组织细胞中,DNA 碱基组成相同。

(2)DNA 分子二级结构——DNA 双螺旋(Watson-Crick 螺旋):在 Chargaff 定律以及 DNA 的 X 射线衍射图谱基础上,由 Watson 和 Crick 在 1953 年提出了 DNA 的双螺旋结构模型,该模型的主要特征为:2 条反向平行的多核苷酸链围绕同一中心轴互绕,2 条链皆为右手螺旋。

①碱基位于结构的内侧,而亲水的糖磷酸主链位于螺旋的外侧,通过磷酸二酯键相连,形成核酸的骨架。

②碱基平面与轴垂直,糖环平面则与轴平行。

③双螺旋的直径为 2 nm,碱基堆积距离为 0.34 nm,两核酸之间的夹角是 36° ,

每对螺旋由 10 对碱基组成。

④碱基按 A-T、G-C 配对互补,彼此以氢键相连接。

⑤双螺旋结构表面有一大一小 2 条螺旋形凹沟。

(3)DNA 分子三级结构:指 DNA 分子在双螺旋的基础上通过扭曲和折叠形成的特定构象,包括不同二级结构单元的相互作用、单链与二级结构单元的相互作用以及 DNA 的拓扑特征。

超螺旋是 DNA 的拓扑特征,是 DNA 三级结构的一种。正常双螺旋 DNA 如果额外地多转几圈或少转几圈,就会使双螺旋中存在张力,为了抵消这种张力,DNA 分子本身会发生扭曲,这种扭曲称为超螺旋。

3. RNA 分子结构

由核糖核苷酸以 3',5'-磷酸二酯键相连形成多聚核糖核苷酸链,核苷酸(碱基)的排列顺序,即为 RNA 的一级结构。RNA 分子一般以单链形式存在,在链内具有互补关系的碱基会形成局部双螺旋,由此形成茎环结构中的茎,而非螺旋区则构成茎环结构中的环。不同 RNA 分子结构不同,转移 RNA(tRNA)分子结构特征为:tRNA 分子较小,只有 4S 左右,其 5'-端多为鸟嘌呤核苷酸(G),而 3'-端有固定的 3 个碱基——CCA,分子中含有较多的稀有碱基。tRNA 在二级结构上形成特殊的三叶草结构(4 个臂:氨基酸接受臂、反密码子臂、二氢尿嘧啶臂、T ψ C 臂;4 个环:反密码子环、二氢尿嘧啶环、T ψ C 环、额外环)。tRNA 在三级结构上形成倒 L 形,倒 L 的一端是氨基酸接受臂,另一端为反密码子环。

四、核酸的物理化学性质

核酸的糖苷键和磷酸二酯键可被酸、碱和酶水解,产生碱基、核苷、核苷酸和寡核苷酸。酸水解时,糖苷键比磷酸酯键易于水解;嘌呤碱的糖苷键比嘧啶碱的糖苷键易于水解;嘌呤碱与脱氧核糖的糖苷键最不稳定。RNA 易被稀碱水解,产生 2'-和 3'-核苷酸,DNA 对碱比较稳定。细胞内有各种核酸酶可以分解核酸。其中限制性内切酶是基因工程的重要工具酶。

核酸的碱基和磷酸基均能解离,因此核酸具有酸碱性。碱基杂环中的氮具有结合和释放质子的能力。核苷和核苷酸的碱基与游离碱基的解离性质相近,它们是兼性离子。

核酸的碱基具有共轭双键,因而有紫外吸收的性质。各种碱基、核苷和核苷酸的吸收光谱略有区别。核酸的紫外吸收峰在 260 nm 附近,可用于测定核酸。根据 260 nm 与 280 nm 的吸收光度 A_{260} 、 A_{280} 可判断核酸纯度。

变性作用(denaturation)是指核酸双螺旋结构被破坏,双链间氢键打开,但共